

Spektrum Respons Desain RSNI 1726:2018 Berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017

Suradjin Sutjipto
Indrawati Sumeru

ABSTRAK

Rancangan Peraturan Gempa Indonesia, RSNI 1726:2018, disusun berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017 dan ASCE 7-16 untuk menggantikan SNI 1726:2012 yang berlaku saat ini.

Penetapan nilai Koefisien Situs F_a dan F_v yang baru di dalam RSNI 1726:2018, yang mempengaruhi besarnya Spektrum Respons Desain, dibahas secara detail, termasuk latar belakang perubahannya yang mengikuti usulan PEER.

Di daerah yang rawan gempa, nampak terjadi anomali di mana kondisi spektrum respons desain untuk perioda pendek di kelas situs Tanah Keras (SC), Tanah Sedang (SD) dan Tanah Lunak (SE) tidak meningkat secara berurutan akibat dari penerapan nilai Koefisien Situs F_a .

Makalah ini menyajikan Spektrum Respons Desain RSNI 1726:2018 dari 17 kota besar yang mewakili seluruh wilayah Indonesia yang dibandingkan dengan Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012 untuk mengetahui sejauh mana perbedaannya.

KATA KUNCI: Spektrum Respons Desain, RSNI 1726:2018, SNI 1726:2012, Peta Gempa Indonesia 2017, Koefisien Situs, Anomali.

ABSTRACT

The draft of the Indonesian Seismic Code, RSNI 1726:2018, was developed based on the 2017 Indonesian Seismic Map and ASCE 7-16 to replace the current SNI 1726: 2012.

The determination of the new Site Coefficient F_a dan F_v values in RSNI 1726:2018, which affects the Design Response Spectrum, is discussed in detail, including the background of the changes following the PEER proposal.

In earthquake-prone areas, it seems that an anomaly occurs where the design response spectra of short period for the Hard Soil (SC), Medium Soil (SD) and Soft Soil (SE) site classes do not increase in sequence due to the application of the Site Coefficient F_a .

This paper presents the RSNI 1726:2018 Design Response Spectra of 17 major cities representing all parts of Indonesia compared to the SNI 1726:2012 Design Response Spectra to see how far the difference is.

KEYWORDS: Design Response Spectra, RSNI 1726:2018, SNI 1726:2012, 2017 Indonesian Seismic Map, Site Coefficient, Anomaly.

Spektrum Respons Desain RSNi 1726:2018 Berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017

**Suradjin Sutjipto
Indrawati Sumeru**

1. Pendahuluan

Perubahan peraturan gempa selalu disikapi dengan antusias oleh para pelaku industri konstruksi di Indonesia. Pertanyaan klasik yang selalu muncul, seberapa besar peningkatan beban gempanya dan seberapa besar perubahan ketentuan-ketentuannya. Bila beban gempa naik dan/atau persyaratannya lebih ketat, para developer bangunan komersial akan mengambil keputusan untuk mempercepat proses perancangan dan pembangunan proyeknya. Sebaliknya bila beban gempanya turun, mereka akan menundanya sampai peraturan yang baru diberlakukan.

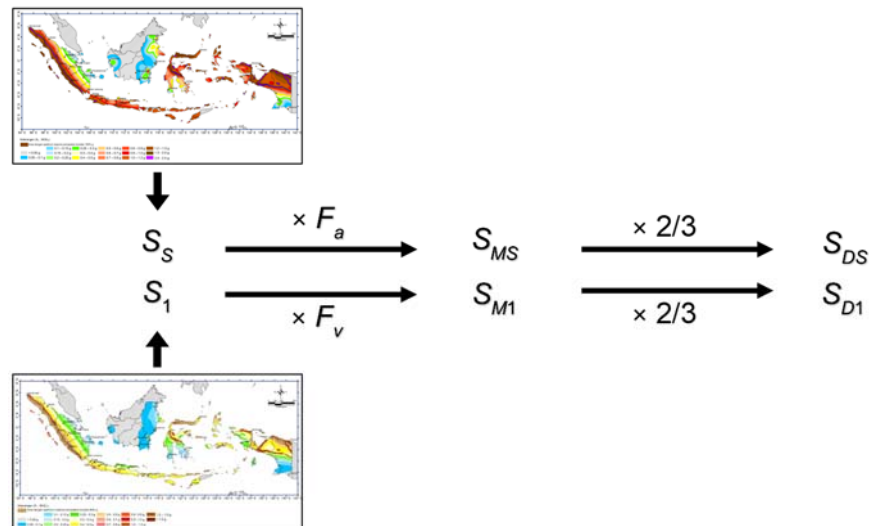
Revisi Peraturan gempa Indonesia SNI 1726:2012, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung*, yang selanjutnya di dalam makalah ini disebut sebagai RSNi 1726:2018, disusun berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017 dan mengadopsi ketentuan-ketentuan ASCE 7-16 dengan beberapa modifikasi yang disesuaikan dengan kondisi Indonesia.

Dengan data-data yang sudah tervalidasi, 17 kota besar yang dianggap dapat mewakili seluruh wilayah Indonesia dipilih sebagai sampel untuk memperlihatkan sejauh mana perbedaan spektrum respons desainnya menurut SNI 1726:2012 dan RSNi 1726:2018. Setidaknya ini dapat memberi gambaran awal sebelum RSNi 1726:2018 diberlakukan.

Selanjutnya, makalah ini juga menyajikan pengamatan terhadap kemungkinan terjadinya anomali di mana kondisi spektrum respons desain untuk perioda pendek di kelas situs Tanah Keras (SC), Tanah Sedang (SD) dan Tanah Lunak (SE) tidak meningkat secara berurutan. Anomali ini terjadi akibat penerapan koefisien situs F_a yang nilainya malah menurun (terdeamplifikasi) di daerah-daerah yang rawan gempa yang memiliki spektral percepatan pada perioda pendek (S_s) relatif tinggi.

2. Spektrum Respons Desain

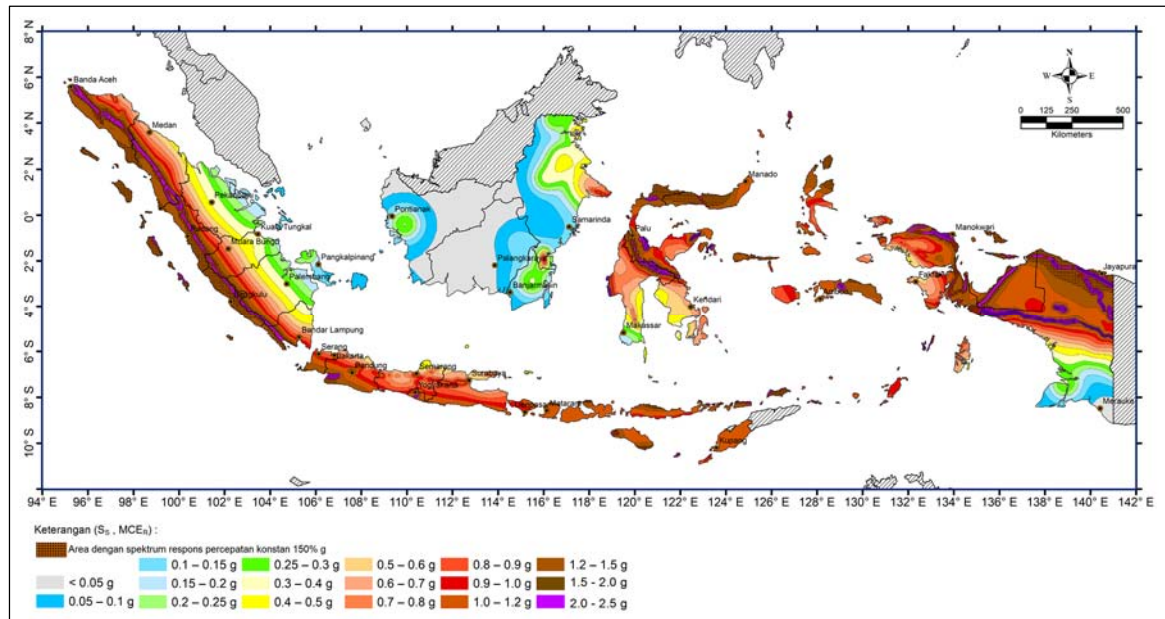
Secara prinsip, proses pembuatan Spektrum Respons Desain menurut RSNI 1726:2018 atau ASCE 7-16 amat sederhana, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 1.



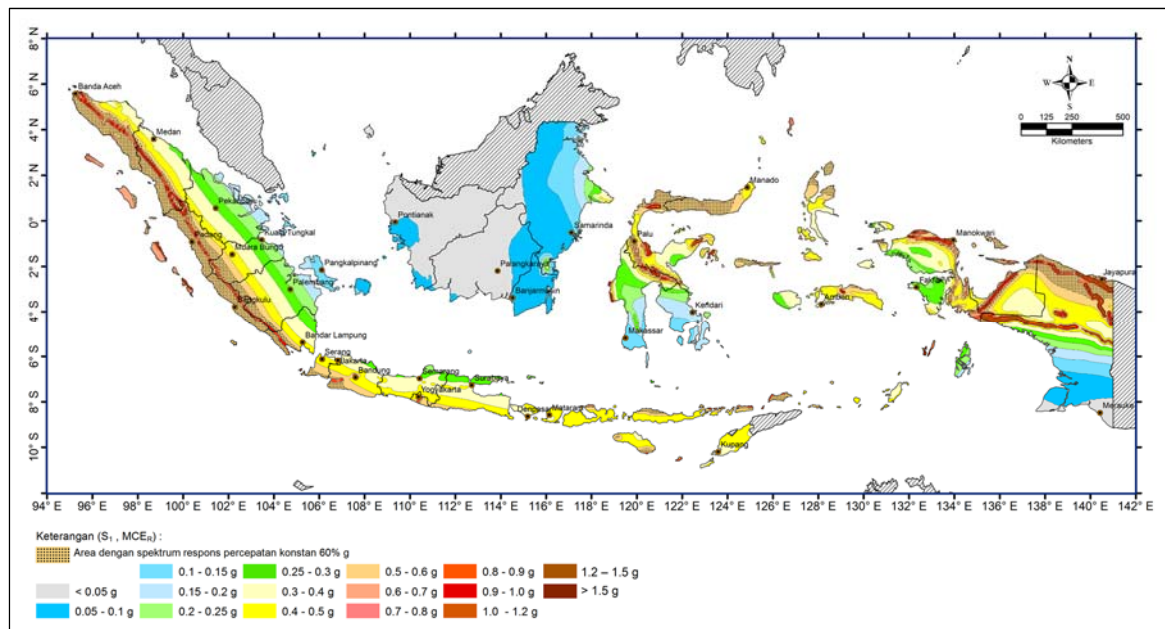
Gambar 1 Proses Pembuatan Spektrum Respons Desain.

Dari peta MCE_R untuk periode pendek (0.2 detik) dan periode 1-detik, dihasilkan nilai percepatan respons spektral S_S dan S_1 , yang kemudian dikalikan dengan faktor amplifikasi seismik F_a dan F_v menghasilkan parameter percepatan respons spektral yang sesuai dengan kelas situs tanah, S_{MS} dan S_{M1} . Besarnya percepatan respons spektral desain pada periode pendek, S_{DS} , dan pada periode 1-detik, S_{D1} , adalah $2/3$ dari nilai S_{MS} dan S_{M1} tersebut.

Sesuai dengan ketentuan dalam ASCE 7-16, peta percepatan spektrum respons gempa maksimum yang dipertimbangkan berbasis pada risiko (MCE_R) dengan redaman 5% dan kriteria 1% kemungkinan bangunan runtuh dalam 50 tahun, yang telah disesuaikan untuk kelas situs tanah antara SB dan SC, untuk periode pendek (0.2 detik) dan periode 1-detik, yang diperlihatkan dalam Gambar 2 dan 3, dikembangkan berdasarkan peta hazard dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (periode ulang gempa 2,475 tahun) yang disusun oleh Tim Pusat Studi Gempa Nasional dalam Peta Sumber dan Bahaya Gempa Tahun 2017 [9].



Gambar 2 Peta Percepatan Spektrum Respons 0.2 detik MCE_R (Redaman 5% - Kelas Situs Tanah SB/SC).



Gambar 3 Peta Percepatan Spektrum Respons 1-detik MCE_R (Redaman 5% - Kelas Situs Tanah SB/SC).

3. Koefisien Situs F_a dan F_v

Nilai koefisien situs F_a dan F_v mengalami perubahan dalam RSNI 1726:2018 dengan mengadopsi hasil studi dari Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) yang sedikit berbeda dengan yang ditetapkan dalam ASCE 7-16, seperti yang diperlihatkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Koefisien Situs F_a

| Kelas Situs | Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode Pendek (0.2 detik) | | | | | | | | |
|-------------|---|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | $S_s \leq 0.25$ | | | $S_s = 0.5$ | | | $S_s = 0.75$ | | |
| | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 |
| SA | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SB | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| SC | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| SD | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| SE | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| SF | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik |

| Kelas Situs | Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode Pendek (0.2 detik) | | | | | | | | |
|-------------|---|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | $S_s = 1.0$ | | | $S_s = 1.25$ | | | $S_s \geq 1.5$ | | |
| | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 |
| SA | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SB | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| SC | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 1.2 |
| SD | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| SE | 0.9 | Situs Spesifik | 1.1 | 0.9 | Situs Spesifik | 0.9 | 0.9 | Situs Spesifik | 0.8 |
| SF | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik |

Tabel 2 Koefisien Situs F_v

| Kelas Situs | Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode 1-detik | | | | | | | | |
|-------------|--|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | $S_1 \leq 0.1$ | | | $S_1 = 0.2$ | | | $S_1 = 0.3$ | | |
| | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 |
| SA | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SB | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.8 |
| SC | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| SD | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.0 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 2.0 | 2.0 |
| SE | 3.5 | 4.2 | 4.2 | 3.2 | Situs Spesifik | 3.3 | 2.8 | Situs Spesifik | 2.8 |
| SF | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik |

| Kelas Situs | Parameter Percepatan Respons Spektral MCE_R pada Periode 1-detik | | | | | | | | |
|-------------|--|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| | $S_1 = 0.4$ | | | $S_1 = 0.5$ | | | $S_1 \geq 0.6$ | | |
| | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 | SNI 1726:2012 | ASCE 7-16 | PEER / RSNI 1726:2018 |
| SA | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| SB | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.8 |
| SC | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.4 |
| SD | 1.6 | 1.9 | 1.9 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.7 | 1.7 |
| SE | 2.4 | Situs Spesifik | 2.4 | 2.4 | Situs Spesifik | 2.2 | 2.4 | Situs Spesifik | 2.0 |
| SF | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik | Situs Spesifik |

Perubahan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa nilai koefisien F_a dan F_v yang sebelumnya dianggap sudah terlalu lama tidak diperbaharui (lebih dari 20 tahun) dan

tidak sesuai lagi dengan hasil-hasil studi terbaru yang dilakukan oleh J. Stewart, dkk. [3, 10, 15].

Kriteria batuan dasar (*bed rock*) menurut ASCE 7-16, bukan lagi di kelas situs tanah SB, melainkan di antara kelas situs tanah SB dan SC. Peta MCER yang disajikan dalam Gambar 2 dan 3 telah disesuaikan dengan kriteria ini. Selanjutnya, berbeda dengan yang sebelumnya, klasifikasi S_S ditambah dengan " ≥ 1.5 " dan klasifikasi S_1 ditambah dengan " ≥ 0.6 ", merepresentasikan daerah yang amat rawan gempa yang dekat dengan patahan atau sumber gempa. Perubahan nilai F_a dan F_v sangatlah variatif, ada sebagian yang turun, terutama di daerah yang tidak rawan gempa, ada sebagian yang nilainya tetap seperti sebelumnya, dan banyak pula yang naik. Fluktuasi nilai F_a dan F_v inilah yang menimbulkan adanya anomali besarnya spektrum respons desain untuk kelas situs Tanah Keras (SC), Sedang (SD) dan Lunak (SE) yang tidak sesuai lagi dengan pakem lama. Masalah anomali ini akan dibahas lebih lanjut di bagian lain dalam makalah ini.

4. Spektrum Respons Desain 17 Kota Besar di Indonesia

Perbandingan spektrum respons desain antara SNI 1726:2012 dan RSNI 1726:2018 dilakukan pada 17 kota besar yang dianggap dapat mewakili seluruh wilayah Indonesia dari Barat sampai ke Timur, dan dari Utara sampai ke Selatan.

Tabel 3 menyajikan perbandingan nilai spektrum desain di batuan dasar di 17 kota besar tersebut. Seluruh nilai S_S dan S_1 yang berasal dari peta MCE_R RSNI 1726:2018 telah diverifikasi oleh Prof. Masyhur Irsyam [5] dalam Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018 di Jakarta, berdasarkan hasil studi yang dilakukan secara terpisah oleh Prof. Wayan Sengara [11], Dr. Asrurifak [2] dan Dr. Windu Partono [8].

Nilai spektrum respons desain periode pendek menurut RSNI 1726:2018 di sepuluh kota (Banda Aceh, Denpasar, Jakarta, Manado, Manokwari, Medan, Padang, Palembang, Pontianak dan Surabaya) mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.01 – 6.65; satu kota, yaitu Jayapura, tidak mengalami perubahan; dan enam kota (Ambon, Balikpapan, Bandung, Kupang, Makassar dan Semarang) ternyata malah mengalami penurunan dengan rasio berkisar antara 0.52 – 0.94 dibandingkan dengan nilai spektrum respons desain periode pendek menurut SNI 1726:2012.

Tabel 3 Parameter Percepatan Respons Spektral Periode Pendek dan Periode 1-detik berdasarkan peta MCE_R untuk 17 Kota Besar di Indonesia.

| NO. | KOTA | KOORDINAT | | S_s | | | S_1 | | |
|-----|------------|-----------|----------|---------------|----------------|-------|---------------|----------------|-------|
| | | LINTANG | BUJUR | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO |
| 1 | Ambon | -3.6554 | 128.1908 | 1.380 | 1.085 | 0.79 | 0.490 | 0.393 | 0.80 |
| 2 | Balikpapan | -1.2379 | 116.8529 | 0.235 | 0.123 | 0.52 | 0.082 | 0.083 | 1.01 |
| 3 | Banda Aceh | 5.5483 | 95.3238 | 1.349 | 1.510 | 1.12 | 0.642 | 0.600 | 0.93 |
| 4 | Bandung | -6.9175 | 107.6191 | 1.450 | 1.176 | 0.81 | 0.486 | 0.510 | 1.05 |
| 5 | Denpasar | -8.6705 | 115.2126 | 0.977 | 0.984 | 1.01 | 0.360 | 0.397 | 1.10 |
| 6 | Jakarta | -6.1751 | 106.8650 | 0.664 | 0.779 | 1.17 | 0.293 | 0.379 | 1.29 |
| 7 | Jayapura | -2.5916 | 140.6690 | 1.500 | 1.500 | 1.00 | 0.600 | 0.600 | 1.00 |
| 8 | Kupang | -10.1772 | 123.6070 | 1.113 | 1.049 | 0.94 | 0.296 | 0.380 | 1.28 |
| 9 | Makassar | -5.1477 | 119.4327 | 0.317 | 0.222 | 0.70 | 0.142 | 0.112 | 0.79 |
| 10 | Manado | 1.4748 | 124.8421 | 1.035 | 1.052 | 1.02 | 0.442 | 0.470 | 1.06 |
| 11 | Manokwari | -0.8615 | 134.0620 | 1.454 | 1.500 | 1.03 | 0.561 | 0.600 | 1.07 |
| 12 | Medan | 3.5952 | 98.6722 | 0.526 | 0.652 | 1.24 | 0.332 | 0.360 | 1.08 |
| 13 | Padang | -0.9471 | 100.4172 | 1.398 | 1.481 | 1.06 | 0.600 | 0.600 | 1.00 |
| 14 | Palembang | -2.9761 | 104.7754 | 0.262 | 0.292 | 1.11 | 0.164 | 0.248 | 1.51 |
| 15 | Pontianak | -0.0263 | 109.3425 | 0.017 | 0.113 | 6.65 | 0.022 | 0.047 | 2.14 |
| 16 | Semarang | -7.0051 | 110.4381 | 1.098 | 0.880 | 0.80 | 0.364 | 0.379 | 1.04 |
| 17 | Surabaya | -7.2575 | 112.7521 | 0.663 | 0.710 | 1.07 | 0.247 | 0.315 | 1.28 |

Sedangkan nilai spektrum respons desain periode 1-detik menurut RSNI 1726:2018 dibandingkan dengan SNI 1726:2012, dua belas kota mengalami kenaikan dengan rasio berkisar antara 1.01 – 2.14, yaitu Balikpapan, Bandung, Denpasar, Jakarta, Kupang, Manado, Manokwari, Medan, Palembang, Pontianak, Semarang dan Surabaya; dua kota, Jayapura dan Padang, tidak mengalami perubahan; dan tiga kota, Ambon, Banda Aceh dan Makassar, mengalami penurunan dengan rasio antara 0.79 – 0.93.

Perbandingan nilai spektrum respons desain untuk kategori kelas situs Tanah Keras (SC), Sedang (SD) dan Lunak (SE) di 17 kota besar di Indonesia untuk periode pendek (0.2 detik), S_{DS} , disajikan dalam Tabel 4, dan untuk periode 1-detik, S_{D1} , diperlihatkan dalam Tabel 5.

Dengan penerapan koefisien situs F_a yang baru, untuk nilai S_{DS} di kelas situs Tanah Keras (SC), 12 kota mengalami kenaikan dengan rasio 1.13 – 7.20, dan 5 kota mengalami penurunan dengan rasio berkisar antara 0.57 – 0.97. Di kelas situs Tanah Sedang (SD), 9 kota mengalami kenaikan dengan rasio 1.01 – 6.65, 2 kota tidak mengalami perubahan, dan 6 kota mengalami penurunan dengan rasio 0.52 – 0.97. Di kelas situs Tanah Lunak (SE), 9 kota mengalami kenaikan dengan rasio 1.03 – 6.38, dan 8 kota mengalami penurunan dengan rasio 0.50 – 0.99.

Tabel 4 Spektrum Respons Desain Periode Pendek (S_{DS}) 17 Kota Besar di Indonesia.

| NO. | KOTA | S_{DS} | | | | | | | | | ANOMALI | | |
|-----|------------|------------------|----------------|-------|-------------------|----------------|-------|------------------|----------------|-------|--------------|--------------|--------------|
| | | TANAH KERAS (SC) | | | TANAH SEDANG (SD) | | | TANAH LUNAK (SE) | | | 1 | 2 | 3 |
| | | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO | SD < SC < SE | SD < SE < SC | SE < SD < SC |
| 1 | Ambon | 0.920 | 0.868 | 0.94 | 0.920 | 0.771 | 0.84 | 0.828 | 0.746 | 0.90 | | | * |
| 2 | Balikpapan | 0.188 | 0.107 | 0.57 | 0.251 | 0.131 | 0.52 | 0.392 | 0.197 | 0.50 | | | |
| 3 | Banda Aceh | 0.899 | 1.208 | 1.34 | 0.899 | 1.007 | 1.12 | 0.809 | 0.805 | 0.99 | | | * |
| 4 | Bandung | 0.967 | 0.941 | 0.97 | 0.967 | 0.807 | 0.84 | 0.870 | 0.752 | 0.86 | | | * |
| 5 | Denpasar | 0.657 | 0.787 | 1.20 | 0.722 | 0.726 | 1.00 | 0.604 | 0.730 | 1.21 | | * | |
| 6 | Jakarta | 0.502 | 0.623 | 1.24 | 0.562 | 0.617 | 1.10 | 0.607 | 0.663 | 1.09 | * | | |
| 7 | Jayapura | 1.000 | 1.200 | 1.20 | 1.000 | 1.000 | 1.00 | 0.900 | 0.800 | 0.89 | | | * |
| 8 | Kupang | 0.742 | 0.839 | 1.13 | 0.783 | 0.756 | 0.97 | 0.668 | 0.742 | 1.11 | | | * |
| 9 | Makassar | 0.254 | 0.192 | 0.76 | 0.327 | 0.237 | 0.72 | 0.483 | 0.355 | 0.74 | | | |
| 10 | Manado | 0.690 | 0.842 | 1.22 | 0.749 | 0.757 | 1.01 | 0.621 | 0.742 | 1.20 | | | * |
| 11 | Manokwari | 0.969 | 1.200 | 1.24 | 0.969 | 1.000 | 1.03 | 0.872 | 0.800 | 0.92 | | | * |
| 12 | Medan | 0.417 | 0.539 | 1.29 | 0.484 | 0.556 | 1.15 | 0.578 | 0.633 | 1.10 | | | |
| 13 | Padang | 0.932 | 1.185 | 1.27 | 0.932 | 0.987 | 1.06 | 0.839 | 0.797 | 0.95 | | | * |
| 14 | Palembang | 0.210 | 0.253 | 1.21 | 0.278 | 0.305 | 1.10 | 0.430 | 0.444 | 1.03 | | | |
| 15 | Pontianak | 0.014 | 0.098 | 7.20 | 0.018 | 0.121 | 6.65 | 0.028 | 0.181 | 6.38 | | | |
| 16 | Semarang | 0.732 | 0.704 | 0.96 | 0.777 | 0.673 | 0.87 | 0.659 | 0.702 | 1.07 | | * | |
| 17 | Surabaya | 0.502 | 0.576 | 1.15 | 0.561 | 0.583 | 1.04 | 0.607 | 0.646 | 1.06 | | | |

Tabel 5 Spektrum Respons Desain Periode 1-detik (S_{D1}) 17 Kota Besar di Indonesia.

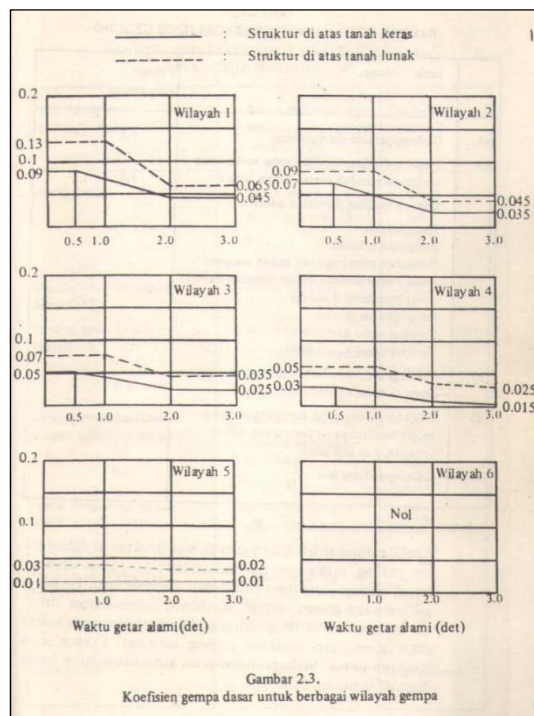
| NO. | KOTA | S_{D1} | | | | | | | | |
|-----|------------|------------------|----------------|-------|-------------------|----------------|-------|------------------|----------------|-------|
| | | TANAH KERAS (SC) | | | TANAH SEDANG (SD) | | | TANAH LUNAK (SE) | | |
| | | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO | SNI 1726:2012 | RSNI 1726:2018 | RASIO |
| 1 | Ambon | 0.428 | 0.393 | 0.92 | 0.493 | 0.500 | 1.01 | 0.784 | 0.636 | 0.81 |
| 2 | Balikpapan | 0.093 | 0.083 | 0.89 | 0.131 | 0.133 | 1.01 | 0.191 | 0.232 | 1.21 |
| 3 | Banda Aceh | 0.556 | 0.560 | 1.01 | 0.642 | 0.680 | 1.06 | 1.027 | 0.800 | 0.78 |
| 4 | Bandung | 0.426 | 0.507 | 1.19 | 0.491 | 0.609 | 1.24 | 0.778 | 0.741 | 0.95 |
| 5 | Denpasar | 0.346 | 0.397 | 1.15 | 0.403 | 0.504 | 1.25 | 0.614 | 0.638 | 1.04 |
| 6 | Jakarta | 0.294 | 0.379 | 1.29 | 0.354 | 0.485 | 1.37 | 0.552 | 0.628 | 1.14 |
| 7 | Jayapura | 0.520 | 0.560 | 1.08 | 0.600 | 0.680 | 1.13 | 0.960 | 0.800 | 0.83 |
| 8 | Kupang | 0.297 | 0.380 | 1.28 | 0.357 | 0.486 | 1.36 | 0.556 | 0.628 | 1.13 |
| 9 | Makassar | 0.157 | 0.112 | 0.71 | 0.211 | 0.177 | 0.84 | 0.319 | 0.306 | 0.96 |
| 10 | Manado | 0.400 | 0.470 | 1.17 | 0.459 | 0.573 | 1.25 | 0.707 | 0.708 | 1.00 |
| 11 | Manokwari | 0.486 | 0.560 | 1.15 | 0.561 | 0.680 | 1.21 | 0.898 | 0.800 | 0.89 |
| 12 | Medan | 0.325 | 0.360 | 1.11 | 0.384 | 0.466 | 1.21 | 0.591 | 0.614 | 1.04 |
| 13 | Padang | 0.520 | 0.560 | 1.08 | 0.600 | 0.680 | 1.13 | 0.960 | 0.800 | 0.83 |
| 14 | Palembang | 0.179 | 0.248 | 1.39 | 0.234 | 0.348 | 1.48 | 0.362 | 0.506 | 1.40 |
| 15 | Pontianak | 0.025 | 0.047 | 1.89 | 0.035 | 0.075 | 2.14 | 0.051 | 0.132 | 2.56 |
| 16 | Semarang | 0.348 | 0.379 | 1.09 | 0.406 | 0.485 | 1.20 | 0.617 | 0.628 | 1.02 |
| 17 | Surabaya | 0.256 | 0.315 | 1.23 | 0.314 | 0.417 | 1.33 | 0.496 | 0.575 | 1.16 |

Sesuai dengan nilai koefisien situs F_v yang baru, untuk nilai S_{D1} di kelas situs Tanah Keras (SC), 14 kota mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.01 – 1.89, dan 3 kota mengalami penurunan dengan rasio berkisar antara 0.71 – 0.92. Di kelas situs Tanah Sedang (SD), 16 kota mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.01 – 2.14, dan 1 kota mengalami penurunan dengan rasio 0.84. Di kelas situs Tanah Lunak (SE), 9 kota mengalami kenaikan dengan rasio antara 1.02 – 2.56, 1 kota tidak mengalami perubahan, dan 7 kota mengalami penurunan dengan rasio antara 0.78 – 0.96.

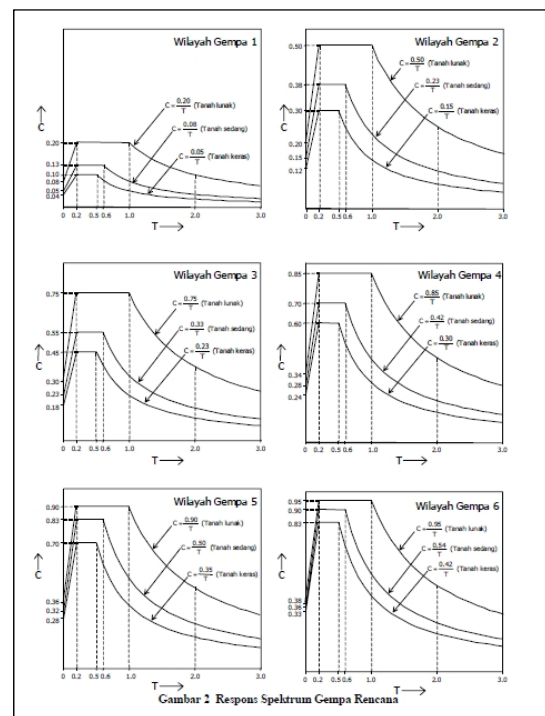
5. Anomali Spektrum Respons Desain

Telah menjadi pendapat umum di kalangan para Perancang Struktur dan Geoteknik bahwa untuk kelas situs Tanah Keras (SC), Sedang (SD) dan Lunak (SE) nilai spektrum

respons desain akan meningkat secara berurut. Hal ini dianut oleh SNI 1726-1989-F [13] dan SNI 03-1726-2002 [12], seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 4. Namun penerapan nilai koefisien situs F_a dan F_v menurut RSNI 1726:2018 mengakibatkan pendapat tersebut tidak dapat dipegang lagi.



SNI 1726-1989-F



SNI 03-1726-2002

Gambar 4 Spektrum Respons Desain SNI 1726-1989-F dan SNI 03-1726-2002.

Dari pengamatan pada Tabel 4 spektrum respons desain periode pendek (S_{DS}) pada 17 kota terpilih dapat mengalami 4 kondisi yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Normal : spektrum respons desain $SC < SD < SE$
- Anomali 1 : spektrum respons desain $SD < SC < SE$
- Anomali 2 : spektrum respons desain $SD < SE < SC$
- Anomali 3 : spektrum respons desain $SE < SD < SC$

Terdapat 6 kota dengan kondisi normal yaitu Balikpapan, Makassar, Medan, Palembang, Pontianak dan Surabaya. Kota dengan kondisi Anomali 1 adalah Jakarta. Kota-kota dengan kondisi Anomali 2 adalah Denpasar dan Semarang. Adapun 8 kota yang

mengalami kondisi Anomali 3 adalah Ambon, Banda Aceh, Bandung, Jayapura, Kupang, Manado, Manokwari dan Padang.

Sedangkan dari pengamatan pada Tabel 5 spektrum respons desain periode 1-detik (S_{D1}) pada 17 kota terpilih tidak menunjukkan adanya anomali, yaitu kondisi spektrum respons desain $SC < SD < SE$.

Namun demikian, perlulah dicatat bahwa dalam perancangan bangunan gedung tinggi dan menengah, dengan adanya persyaratan mengenai Geser Dasar (*Base Shear*) minimum $V = 0.044 S_{DS} / e W$, anomali pada spektrum respons design perioda pendek menjadi berpengaruh juga.

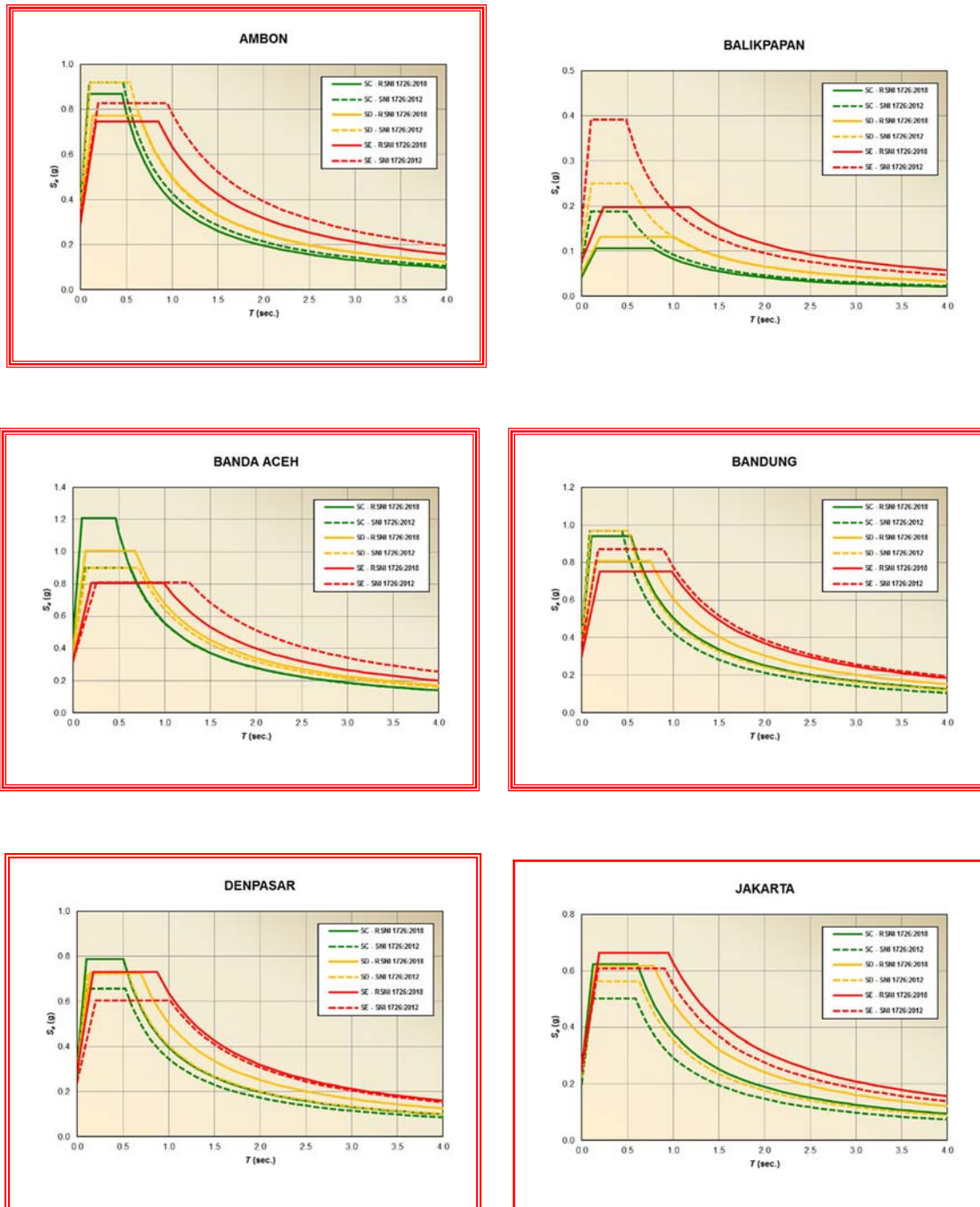
6. Plot Spektrum Respons Desain 17 Kota Terpilih

Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 memperlihatkan plot spektrum Respons desain dari 17 kota terpilih. Plot tanpa bingkai menunjukkan kota-kota dengan kondisi Normal (spektrum respons desain $SC < SD < SE$). Plot dengan 1 bingkai merah mengindikasikan kota-kota dengan kondisi Anomali 1 (spektrum respons desain $SD < SC < SE$). Plot dengan 2 bingkai merah mengindikasikan kota-kota dengan kondisi Anomali 2 (spektrum respons desain $SD < SE < SC$). Plot dengan 3 bingkai merah mengindikasikan kota-kota dengan kondisi Anomali 3 (spektrum respons desain $SE < SD < SC$).

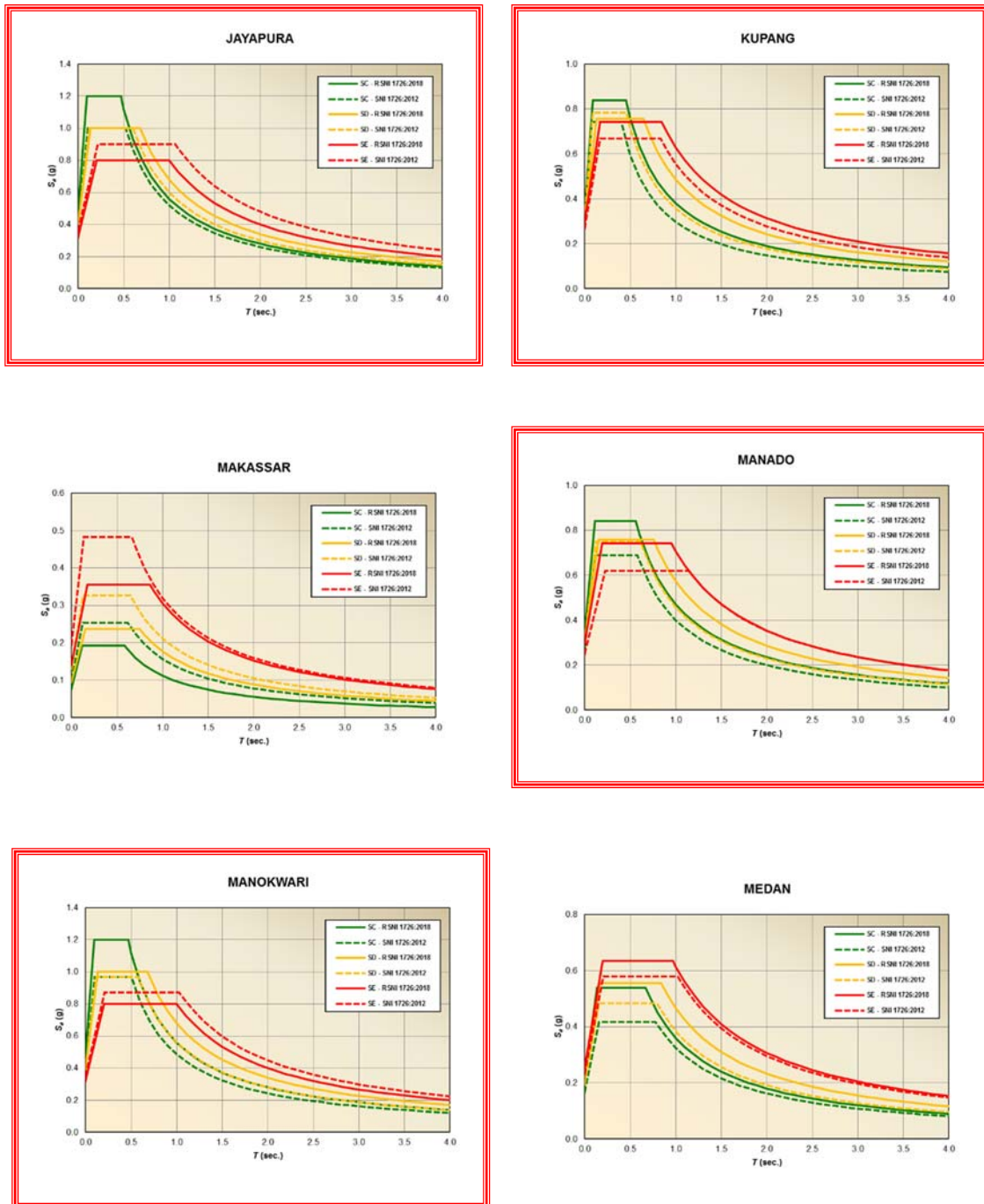
7. Kesimpulan

Dari pemaparan data-data dalam makalah ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

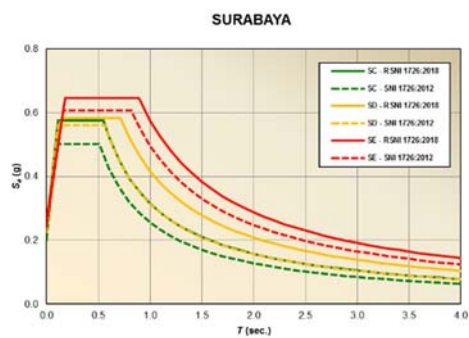
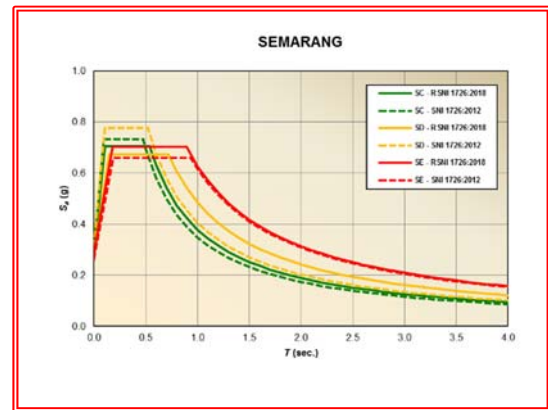
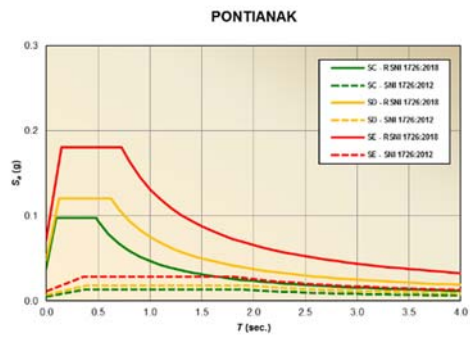
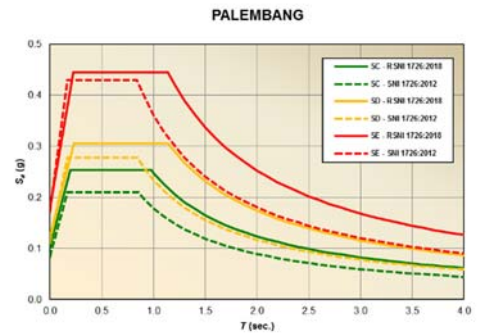
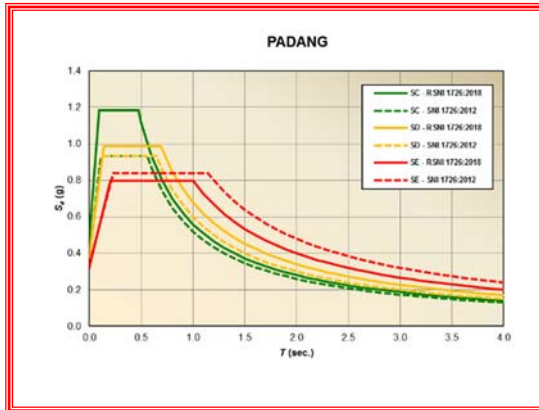
1. Spektrum Respons Desain dari 17 kota terpilih, kebanyakan mengalami kenaikan, namun tidak sedikit yang mengalami penurunan dan ada pula yang tetap.
2. Kota-kota yang terletak di daerah rawan gempa dengan S_s di atas 0.75 g mengalami 3 kemungkinan kondisi anomali.
3. Anomali hanya terjadi pada respons spektral perioda pendek yang umumnya berlaku untuk bangunan bertingkat rendah, namun demikian, haruslah diperiksa apakah dampaknya berpengaruh juga pada bangunan bertingkat tinggi dan menengah sebagai akibat dari persyaratan Geser Dasar Minimum.



Gambar 5 Spektrum Respons Desain untuk 17 Kota di Indonesia.



Gambar 6 Spektrum Respons Desain untuk 17 Kota di Indonesia (Lanjutan).



Gambar 7 Spektrum Respons Desain untuk 17 Kota di Indonesia (Lanjutan).

8. Daftar Pustaka

1. ASCE/SEI 7-16. *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, VA.
2. Asrurifak, M. (2018). *Laporan Progres Revisi SNI 1726:2012 – Sub-Struktur*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
3. Chock, G., Ghosh, S.K., O'Rourke, M., Stafford, T.E. (2018). *Significant Changes to the Minimum Design Load Provisions of ASCE 7-16*. ASCE Press, VA.
4. Crouse, C.B. (2015). *Site Coefficients F_a , F_v and F_{PGA} Proposed for ASCE 7-16*. AECOM, CA.
5. Irsyam, Masyhur (2018). *Materi Bahasan SNI 1726 Struktur Bawah*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
6. Mohraz, B., Elghadamsi, F.E. (1989). "Earthquake Ground Motion and Response Spectra" in *The Seismic Design Handbook*, Editor: Farzad Naeim, Van Nostrand Reinhold, New York.
7. Partono, Windu (2018). *Pembuatan Peta MCER dan Spektra Desain 17 Kota Besar*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
8. Pusat Studi Gempa Nasional (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Bandung.
9. Power, M., Borchardt dan Stewart, J. (2004). *Site Amplification Factors From Empirical Studies*. NGA Working Group #5, CA.
10. Sengara, I W. dan Mulia, A. (2018). *Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake and Risk Coefficient Calculation for Input to SNI 1726:2018*. Rapat Teknis Sub-Struktur 23 Mei 2018, Jakarta.
11. SNI 03-1726-2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
12. SNI 1726-1989-F. *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
13. SNI 1726:2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
14. Stewart, J.P. dan Seyhan, E. (2013). *Semi-Empirical Nonlinear Site Amplification and Its Application in NEHRP Site Factors*. PEERC, CA.
15. Sutjipto, Suradjin (1994). "Chapter 20 - Indonesian Seismic Design Code for Building Design SNI 1726-1989-F" in *International Handbook of Earthquake Engineering*, Editor: Mario Paz. Chapman & Hall, New York, 277-295.

16. Sutjipto, Suradjin (2011). *Dampak Persyaratan Geser Dasar Seismik Minimum pada RSNi 03-1726-20xx terhadap Gedung Tinggi Terbangun*. Seminar HAKI 2011, Jakarta.
17. Sutjipto, Suradjin (2011). *Status Gedung Tinggi Terbangun terhadap Persyaratan Geser Dasar Seismik Minimum pada RSNi 03-1726-201x*. 1st Indonesian Structural Engineering and Material Symposium, Bandung.
18. Sutjipto, Suradjin (2014). *Geser Dasar Seismik Menurut SNI 1726:2012*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 8, Bandung.
19. Sutjipto, Suradjin dan Sumeru, Indrawati (2015). *Anomali Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012*. Seminar dan Pameran HAKI 2015, Jakarta.
20. Sutjipto, Suradjin (2016). *An Overview of Design Response Spectra in the Indonesian Seismic Code - SNI 1726:2012*. The 3rd International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation 2016 (ICEEDM-III 2016), Bali.